

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Elektrohydraulický systém středění svitků před rovnačkou

**Electro-hydraulic System of Coil Centering before
Straightening**

Student: Bc. Petr Komárek
Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Bohuslav Pavlok, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Komárek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 16 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Elektrohydraulický systém středění svitků před rovnačkou**
Electro-hydraulic System of Coil Centering before Straightening

Zásady pro vypracování:

Vypracujte:

1. Funkční schéma hydraulického obvodu.
2. Výpočet parametrů hydraulického obvodu v ustáleném stavu a potřebné dynamické výpočty.
3. Specifikaci hlavních hydraulických a elektrohydraulických prvků a přístrojů.
4. Výpočet tepelné bilance hydraulického obvodu a stanovení velikosti nádrže.
5. Konstrukční výkres hydraulického agregátu s rozvodným blokem.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. KOLEKTIV AUTORŮ. *Proportionální technika a servotechnika*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth, 1986. 135 s. ISBN 3-8023-0898-0.
2. SCHMITT, A. a kolektiv. *Příručka hydrauliky. Svazek 1*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth, 1981. 226 s. ISBN 3-8023-0619-8.
3. KOLEKTIV AUTORŮ. *Řízení hydraulických systémů pro průmyslové aplikace*. Brno: Bosch Rexroth/CZ, 2007. 149 s.
4. PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 2*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 150 s. ISBN 978-80-248-1827-6.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Bohuslav Pavlok, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



A handwritten signature in blue ink, likely belonging to doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.



prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. 5. 2013

.....


podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odstavec 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o veřejných školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě... 23.5.2013



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Petr Komárek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Březinova 27, Opava 1, 74601

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOMÁREK, P. *Elektrohydraulický systém středění svitků před rovnačkou: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2013, 60 s. Vedoucí práce: Pavlok, B.

Diplomová práce se zabývá návrhem elektrohydraulického systému pro středění svitků plechu před rovnačkou plechových svitků na příčné dělicí lince. Obsahem první části je popis výrobní linky s krátkým popisem jednotlivých prvků rovnačky a principem rovnání plechových pásů. Navazující druhá kapitola obsahuje dvě funkční schémata hydraulických obvodů s jejich popisem, zhodnocením a výběrem vhodného obvodu. Další části se věnují návrhu a výpočtům hlavních hydraulických prvků ze zvoleného hydraulického obvodu. Nedílnou součástí diplomové práce je výpočet tepelné bilance obvodu. Závěrečná část se věnuje návrhem proporcionálního rozvaděče s ohledem na dynamiku systému. Součástí diplomové práce je také konstrukční výkres hydraulického agregátu s rozvodným blokem, specifikace jednotlivých zvolených prvků a funkční schémata hydraulických obvodů.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KOMÁREK, P. *Electro-hydraulic System of Coil Centering before Straightening: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulics Equipment, 2013, 60 p. Thesis head: Pavlok, B.

This thesis deals with electrohydraulic system for centering coils of sheet metal before straightening rolls to cross the dividing line. In the first part is a description of the production line with a short explanation of each element in straightening machine and straightening principle of metal bands. The following second chapter contains two functional schemes of hydraulic circuits with their description, evaluation and selection of a suitable circuit. Other parts are devoted to the design and calculation of the main hydraulic components of the selected hydraulic circuit. An integral part of this thesis is calculation of the heat balance of the circuit. The final section is devoted to design proportional distributor with respect to the dynamics of the system. The thesis contains a design drawing of hydraulic unit with terminal block specifications of the selected elements and diagram of hydraulic circuits.

OBSAH

ÚVOD	14
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	15
1.1 POPIS STÁVAJÍCÍHO ZAŘÍZENÍ	18
1.1.1 Zavážecí vozík	20
1.1.2 Odvíječka svitku	20
1.1.3 Přídržný válec	21
1.1.4 Odvinovací stěrák	22
1.1.5 Přítlačné válce	22
1.2 Princip rovnání a středění svitků	22
2 ZPŮSOB STŘEDĚNÍ SVITKŮ PŘED ROVNAČKOU	27
2.1 Popis 1. varianty řešení středění	27
2.2 Popis funkce obvodu	30
2.3 Popis 2. varianty řešení středění	30
2.4 Popis funkce obvodu	33
2.5 Porovnání jednotlivých variant	34
3 VÝPOČET PŘÍMOČARÝCH HYDROMOTORŮ PRO STŘEDĚNÍ SVITKŮ	35
3.1 Zadané hodnoty	35
3.2 Výpočet PHM	35
3.2.1 Výpočet průměru pístu PHM	36
3.2.2 Výpočet průměru pístnice	36
4 NÁVRH POHONNÉ JEDNOTKY	37
4.1 Výpočet geometrického objemu PHM	37
4.2 Výpočet geometrického objemu PHM ze strany mezikruží	38
4.3 Potřebný průtok	38

4.4	Volba hydrogenerátoru	39
4.5	Potřebný krouticí moment	40
4.6	Příkon hydrogenerátoru [4]	40
5	NÁVRH NÁDRŽE	41
6	TEPELNÁ BILANCE OBVODU	43
7	NÁVRH PROPORCIONÁLNÍHO ROZVADĚČE S OHLEDEM NA DYNAMIKU SYSTÉMU	46
8	ZÁVĚR	57
9	POUŽITÁ LITERATURA	58
9.1	FIREMNÍ DOKUMENTACE	59
9.2	INTERNETOVÉ PRAMENY	59
10	PŘÍLOHY	60

Použité veličiny a jednotky

Značka :	Název :	Rozměr :
a_1	zrychlení	$[m.s^{-2}]$
BP	tlakový snímač	[1]
C	měrná tepelná kapacita	$[kJ.kg^{-1}.K^{-1}]$
d	průměr	[m]
D1, D2	deska	[1]
d_p	průměr pístnice	[mm]
F	filtr	[1]
F	síla	[N]
$f_{0,min}$	vlastní frekvence	[Hz]
F_{maxt}	maximální svěrná síla	[N]
F_{maxz}	maximální zpětná síla	[N]
h	zdvih	[mm]
HG	hydrogenerátor	[1]
HSP	měřicí bod	[1]
HZ	hydraulický zámek	[1]
CH	chladič	[1]
Icom	signal command (žádaný signál)	[1]
Iref	signál referenční	[1]
K	modul objemové stlačitelnosti	$[N.m^{-2}]$
k	výsledná tuhost pružin	$[N.m^{-1}]$
k_n	součinitel prostupu tepla	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$

k_N	součinitel prostupu tepla	$[W/m^2.K]$
l	délka	$[m]$
l	zdvih	$[m]$
M	elektromotor	$[1]$
m	hmotnost	$[kg]$
m_{max}	maximální hmotnost	$[kg]$
MSA,B	přípojka minimes	$[1]$
n	otáčky	$[s^{-1}]$
n_n	jmenovité otáčky	$[s^{-1}]$
OR	odsekávací rozvaděč	$[1]$
p	tlak	$[MPa]$
p	tlak	$[Pa]$
P	výkon	$[W]$
P_e	ekvivalentní příkon	$[W]$
PHM	přímočarý hydromotor	$[1]$
p_{max}	maximální pracovní tlak	$[Pa]$
p_{max}	maximální tlak	$[MPa]$
p_{min}	minimální tlak	$[MPa]$
PR	proporcionální rozvaděč	$[1]$
PTV	proporcionální tlakový ventil	$[1]$
PV	pojistný ventil	$[1]$
P_z	ztrátový výkon	$[W]$
Q	průtok	$[dm^3/s]$

q_{chl}	měrný chladicí výkon	[KW.°C ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	[dm ³ /s]
Q_v	objemový průtok	[W]
R	regulátor	[1]
R	rozvaděč	[1]
RD	rozvodná deska	[1]
S	plocha	[m ²]
S	plocha	[m ²]
S_2	plocha mezikruží	[m ²]
S_N	teplosměnná plocha nádrže	[m ²]
S_n	teplosměnná plocha	[m ²]
S_p	plocha pístnice	[m ²]
SP	tlakový spínač	[1]
SQ	koncový spínač	[1]
ST	termostat	[1]
SV	škrticí ventil	[1]
SX	snímač polohy	[1]
T	oteplovací časová konstanta	[s]
t	teplota	[°C]
T0	časová konstanta budicího period. signálu	[s]
t_0	počáteční teplota	[°C]
t_0	teplota okolí	[°C]
t_k	teplota oleje	[°C]

V	objem	$[m^3]$
v	rychlost	$[ms^{-1}]$
$V_{1,2}$	objem kapaliny v prostoru z jedné strany	$[m^3]$
$V_{A,B}$	objem PHM + potrubí	$[m^3]$
V_{CPHM}	celkový objem PHM	$[dm^3]$
V_g	geometrický objem	$[cm^3]$
V_{gG}	geom. objem HG	$[cm^3]$
V_{gPHM}	geometrický objem PHM	$[m^3]$
V_{gPHMm}	geometrický objem PHM ze strany mezikruží	$[m^3]$
V_n	objem nádrže	$[m^3]$
V_{nc}	celkový objem nádrže	$[m^3]$
VP	pojišťovací ventil	[1]
$V_{p1,2}$	objem potrubí	$[m^3]$
v_r	rychlost při středění	$[ms^{-1}]$
$v_{u1,2}$	velikost ustálené rychlosti	$[m.s^{-1}]$
x	souřadnice, poloha	[m]
y	souřadnice, poloha	[m]
YPR	proporcionální magnet	[1]
YV	elektromagnet	[1]
z	souřadnice, poloha	[m]
Δp	tlakový spád	[MPa]
η	účinnost	[1]
η_{cG}	celková účinnost HG	[1]

η_{cPHM}	celková účinnost PHM	[1]
ρ	hustota	[kg.m ⁻³]
τ	čas	[s]
ω_0	kruhová frekvence	[s ⁻¹]
Σ_{QG}	průtok hydrogenerátorem	[dm ³]
Σ_{VPHM}	součet hydromotorů v obvodu	[1]
ϕ	tepelný tok	[W]
ϕ_{ch}	chladicí výkon	[W]

ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem možného řešení modernizace na stávající lince pro rovnání plechových svitků s následným dělením materiálu na požadované rozměry. Zadavatelem této práce je firma IVV Engineering s.r.o. Ostrava, která reaguje na požadavky svého zákazníka a hledá vhodné řešení.

Moderní doba s sebou přináší zvýšené nároky na přesnost dodávaných polotovarů. S tímto je také spojena rychlost vykonávaných operací, která má za následek snížení mzdových nákladů na provoz dané linky, energetické úspory na daném provozu ve společnosti a také zvýšení šancí pro získání zakázek pro krátkodobé či dlouhodobé práce.

Díky těmto kritériím, která nám současná doba přináší, se setkáváme s mnoha technologiemi, zařízeními nebo strojním vybavením v podobě dílčích strojů nebo celých provozů pro zpracování polotovarů určených k dalšímu zpracování, které jsou schopny v dnešní době obstát na poli agresivního trhu a zvýšení konkurenceschopnosti dané společnosti. Jednou z technologií, která slouží k ulehčení práce člověku, jsou rovnačky plechových pásů, které jsou dodávány ve svitcích. Technologie, která tuto činnost umožňuje je velice náročná na prostory, kde je umístěna. Jedná se zpravidla o samotné umístění rovnačky plechových svitků, která je velká, díky zástavbovým rozměrům linky. K tomuto musíme uvažovat s uskladněním plechových svitků v prostoru, který svitky chrání před povětrnostními vlivy, protože svitky nemají žádnou povrchovou ochranu. Aby nedocházelo k výrobě zmetkových polotovarů, musíme svitek plechu před rovnačkou plechu střídit.

K zajištění větší konkurenceschopnosti, zvýšení přesnosti výroby polotovarů a tím také omezení zmetkovosti výroby se zabývá tato Diplomová práce. Práce se zabývá návrhem přesného navedení plechových svitků do rovnačí linky a následného konstantního středění svitku při odvíjení plechu a jeho rovnání.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Účelem zařízení jako celku je získat ideálně rovný plech ze svitku, který se následně dělí tabulovými nůžkami na požadované rozměry dle nabízeného sortimentu nebo dle zadání koncového zákazníka. K docílení ideálního stavu na koncovém výrobku je třeba zajistit jeho dokonalé navedení do rovnačného zařízení. Toho je docíleno díky hydraulickému středění svitku plechu na osu rovnačky. V případě, že je svitek plechu na osu rovnačky, nedochází k výrobě zmetkových kusů plechu. V opačném případě dochází k špatnému navedení svitku plechu a ten je následně na vstupu do rovnačky po stranách deformován. Dochází tak k narušení struktury za tepla válcovaného plechu. Plech samotný má již z výroby válcováním požadovanou sílu, avšak k dalšímu zpracování je dodáván ve svitcích z důvodu délky daného plechového pásu (atypické zakázky) a také díky malým rozměrům pro transport.

Pro zvýšení efektivity a tím také k zlepšení a zkvalitnění výroby je přistoupeno k modernizaci středění svitků plechů na stávající rovnačce plechu Wean Damiron Paris v provozu Ferona a.s. Ostrava – Dělicí centrum, Plzeňská 14. Cílem je úprava stávajícího řešení středění svitků, které je již zastaralé (cca 45 let v provozu) a již nevyhovuje současným požadavkům efektivní a přesné výroby. V současné době se středí pouze manuálně díky zásahu obsluhy. Obsluha však není vždy přítomna v prostoru řídicího pultu středění z důvodu kontroly celé technologie linky pro rovnání a dělení pásu plechu.

Celá technologie rovnání plechů je, jak již bylo zmíněno v úvodu, náročná na velikost prostor, ve kterých je zabudována a také na pořizovací náklady technologií a strojního vybavení. Samozřejmostí je také vybavit prostory portálovými či mostovými jeřáby s patřičnou nosností. Jeden svitek plechu má hmotnost až 30 000 kg. Je nutné počítat s vyšší nosností jeřábů, protože na háku jeřábové kladky je zavěšen přípravek pro manipulaci se svitky, tzv. „C“ hák. Veškeré prostory haly pro skladování a rovnání plechů jsou uzpůsobeny pro pohyb jeřábu s přípravkem na svitky. Toto řešení je ekonomicky i časově velice výhodné, neboť obsluha nemusí řešit výměnu těchto přípravků pro různé druhy svitků a tím šetří čas. Výrobní společnost následně nemá zbytečné prostoje díky výměně a může kdykoli zahájit rovnání plechů a tím je schopna vyřešit více zakázek, což je pro ekonomiku společnosti přínosem.

Pro provoz Ferona a.s. Ostrava – Dělicí centrum se dodávají svitky o těchto rozměrech:

- Malý formát, šíře plechu 1000 mm, hmotnost 14 – 17 t (dle dodavatele)
- Střední formát, šíře plechu 1250 mm, hmotnost 17 – 19 t (dle dodavatele)
- Velký formát, šíře plechu 1500 – 2000 mm, hmotnost 22 – 24 t (dle dodavatele)

Dále se dělí podle síly plechu. Běžně se rovnají a středí svitky o síle 1,5 až 8 mm. Průměry svitků se pro rovnačku Wean Damiron Paris dodávají v rozmezí od minimální hodnoty ø1000 mm do maximální hodnoty ø1830 mm.

Pevnost v tahu	min. 370	max. 640	Mpa
Šířka pásu	min. 700	max. 2 000	mm
Tloušťka pásu	min. 1,8	max. 8,0	mm
Váha svitku		max. 25	t

Tab. 1.1 – Vstupní materiál [13]

Rozměr - šířka	min. 700	max. 2 000	mm
Rozměr - délka	min. 900	max. 12 000	mm
Váha svazku		max. 5 000	mm
Výška svazku		max. 400	mm
Šířka bočních odřezků	min. 2 x 10	max. 2 x 20	mm

Tab. 1.2 – Výstupní materiál [13]

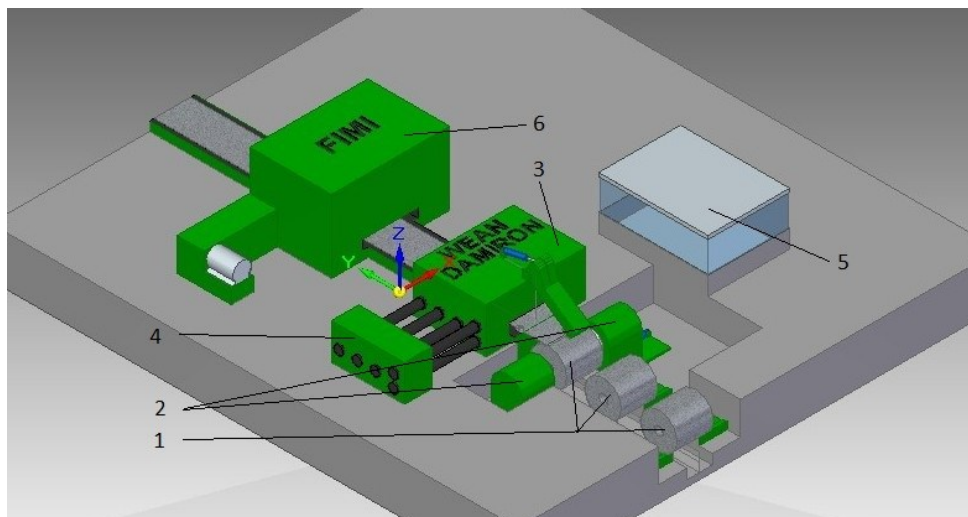
Tloušťka materiálu v mm	značka oceli	
	S235JRG2, 11 375, RST 37-2	S355J2G3, 11523, St 52-3
3	2 000	2 000
4	2 000	2 000
5	2 000	2 000
6	2 000	2 000
7	2 000	x
8	2 000	x
9	x	x
10	x	x

Tab. 1.3 – Maximální dělená šířka pásu v mm [13]

Strojní vybavení linky pro rovnání plechu ze svitků je velice obsáhlé a složité. Popisovat celé toto zařízení by vydalo na velice obsáhlou publikaci, což přesahuje rámec této Diplomové práce. Níže se budu zabývat pouze první částí linky a částečným popisem technologie středění a rovnání plechu.



Obr. 1.1 – Pohled na linku rovnání plechu při činnosti ve společnosti Feron – Dělicí centrum, a.s. Ostrava [Foto vlastní]



Obr. 1.2 – 3D model části stávajícího provozu určeného k rovnání ocelových plechů ze svitků ve společnosti Feron – Dělicí centrum, a.s. Ostrava – Z obr. 1.1 není patrné rozmístění strojů

1 – Svitky plechů, 2 – odvíječka svitků, Rovnačka plechových pásů Wean Damiron Paris, 4 - Rozvodovka RDM-ATELIERS VERDUN, 5 - Řídicí pult s obsluhou, 6 - Rovnačka plechu FIMI model 1380

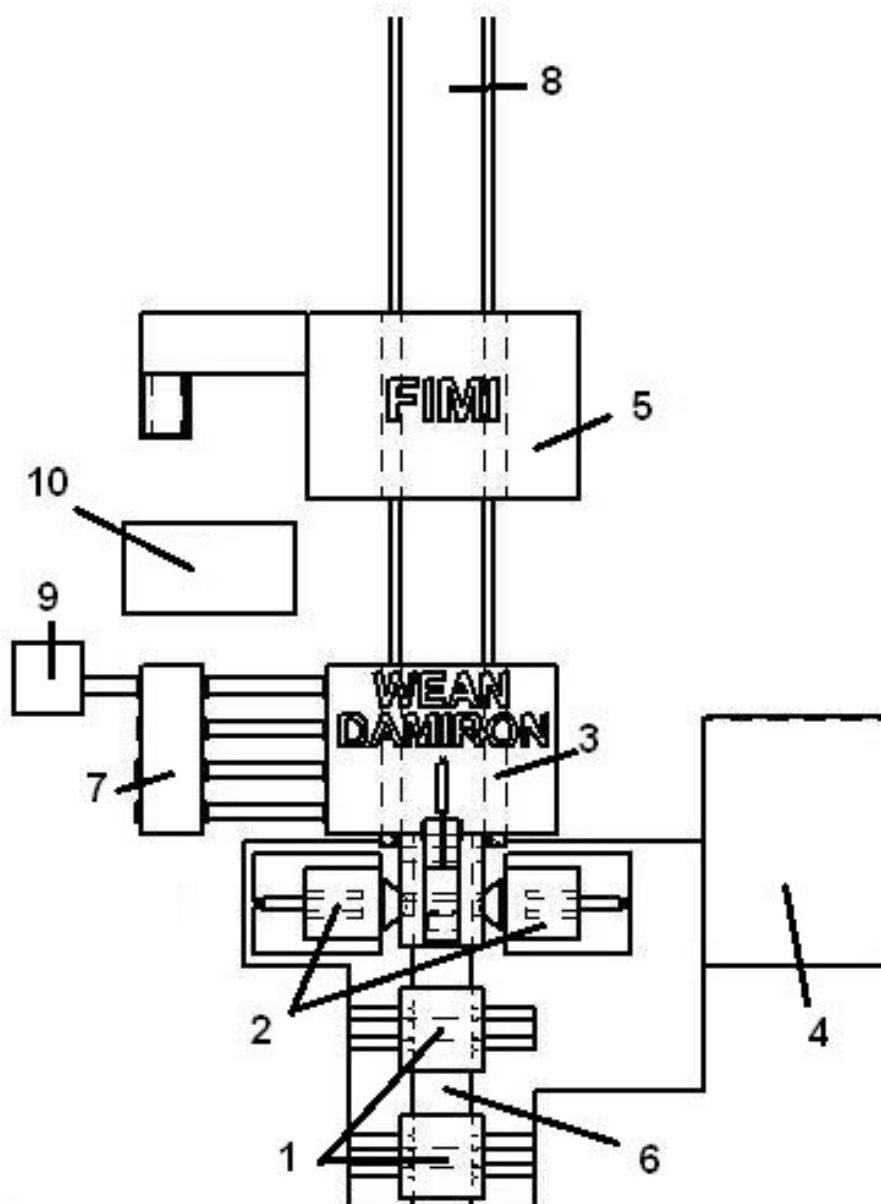
1.1 POPIS STÁVAJÍCÍHO ZAŘÍZENÍ

Současným řešením středění a následného rovnání plechových svitků je využití rovnačky francouzského výrobce Wean Damiron Paris.



Obr. 1.3 – Původní provedení rovnačky Wean Damiron Paris z bokorysu [12]

1 – Svitky plechů, 2 – Zavázeční vozík, 3 – Odvíječka svitku, 4 – Rameno přídržného válce, 5 – Odvinovací stěrák, 6 – Rovnačka plechových pásů Wean Damiron Paris, 7 – Přítlačné válce, 8 – Oboustranné okrajovací nůžky, 9 – Pásový dopravník odřezků, 10 – Tažné válce, 11 – Válečková dráha k dělicím nůžkám



Obr. 1.4 – Schematické znázornění současného řešení rovnačky z půdorysu

1 – Svitky plechů, 2 – Středící zařízení svitků plechu s odvíječkou, 3 – Rovnačka plechu Wean Damiron Paris (v současné době jako před-rovnačka), 4 – Řídicí pult s obsluhou, 5 – Rovnačka plechu FIMI model 1380, 6 – Kanál – prostor pro hydraulický manipulační vozík na svitky, 7 – Rozvodovka RDM-ATELIERS VERDUN, 8 – Válečková dráha dopravující vyrovnaný plechový pás k dělicím nůžkám, 9 – Zdroj – Elektromotor PILLER, 10 – Prostor pro hydraulický agregát

Vzhledem k rostoucím požadavkům na kvalitu zpracování rovinaného plechu bylo přistoupeno k modernizaci stávajícího strojního vybavení a to tím způsobem, že původní rovnačka Wean Damiron Paris je použita jako před-rovnačka a na místo válečkové dráhy z původního řešení byla dodána nová přesnější rovnačka italského výrobce FIMI. Toto řešení bylo zvoleno kvůli absenci nových náhradních dílů pro rovnačku Wean Damiron Paris. Zřejmě díky neexistenci výrobce původního stroje bylo upuštěno od modernizace, což s sebou přineslo mnohem větší náklady na modernizaci stávajícího provozu. Při modernizaci se musela zcela změnit válečková dráha dopravující vyrovnaný plechový pás k dělicím nůžkám, do jejího původního prostoru se musela zakomponovat nová rovnačka italského výrobce FIMI. Nová rovnačka má absenci podávání, odvíjení a středění svitků, proto se muselo nechat stávající řešení se strojem Wean Damiron Paris. Díky stáří již zmíněné před-rovnačky již neodpovídá řešení středění svitků před rovnačkou současnému trendu ve zrychlování a zkvalitňování výroby. Současnému řešení středění se budu věnovat později.

Popis stávajícího uspořádání linky následuje níže. Krátce popisují funkci jednotlivých prvků rovnačky plechu, které zajišťují jak středění svitků, tak navedení plechového pásu. Následuje popis principu rovnání svitků plechu.

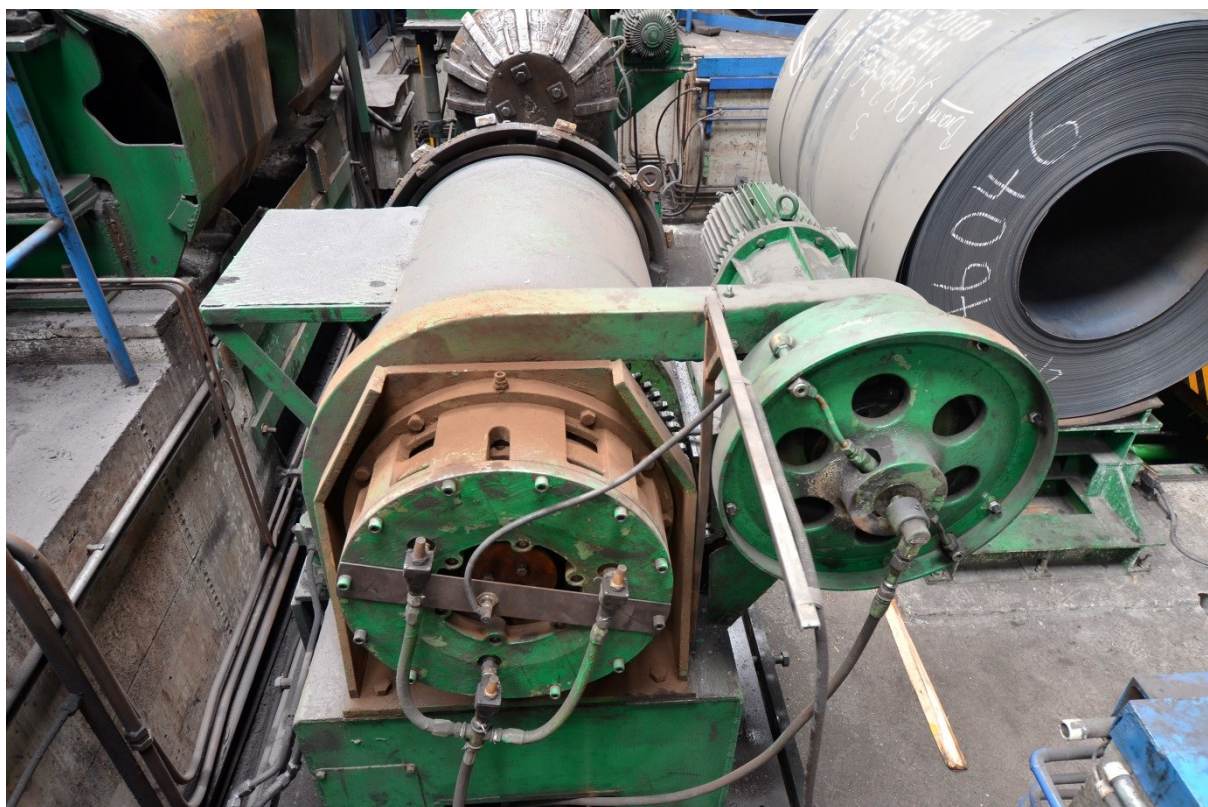
1.1.1 Zavážecí vozík

Tento vozík je nedílnou součástí rovnačky Wean Damiron Paris. Vozík zajišťuje přesun svitku z posledního držáku na svitky, kam je ze skladu dopravuje hydraulický manipulační vozík, jezdící v kanále mezi skladem a rovnačkou. Jako druhý úkol vozík zajišťuje zvedání svitků do polohy, kde upnutí svitku zajišťuje odvíječka svitku. Zavážecí vozík je spojen s rovnačkou čepem a jeho pojezd i zdvih zajišťuje hydraulika.

1.1.2 Odvíječka svitku

Jejím úkolem je zajistit uchycení svitků ze zavážecího vozíku a také středění svitků při procesu rovnání plechů. Součástí tohoto zařízení je odvíjecí zařízení, které je hnáno pomocí elektromotorů. Zařízení slouží hlavně ke zpětnému navinutí plechu na svitek a napomáhá k zavedení plechového pásu do rovnačky. Rovnačka plechu si při rovnání sama podává plech ze svitku. V tomto procesu jí nepomáhá odvíječka. Zpětného navinutí se

používá při špatném navedení plechového pásu do rovnačky. Plech povětšinou nebývá ideálně rovný již z válcoven. Jeho konec bývá šavlovitého tvaru. Z toho důvodu se každý nový svitek po zavedení do rovnačky stříhá cca 2 metry od konce, kde již pás bývá rovný. Tento odstřížek je veden jako odpad. Součástí jsou také pneumatické brzdy, kterých se používá při zavádění plechového pásu do rovnacího zařízení. Její posuv zajišťuje hydraulika. Přímočaré hydromotory jsou uchyceny k rámu, který je pevně spojen s konstrukcí výrobní haly.



Obr. 1.5 – Pohled na odvíječky svitků plechů. V popředí je levá odvíječka, v pozadí odvíječka pravá. Napravo je svitek plechu [Foto vlastní]

1.1.3 Přídržný válec

Funkce přídržného válce je spojena s činností odvinovacího stěráku, který je popsán níže. Přídržný válec zajišťuje, aby při navádění plechu ze svitku nedošlo k jeho deformaci, nebo nežádoucímu odvinu ze svitku a tím pádem znesnadnění zavedení plechového pásu do rovnačky. Plech je tvárný a rychle mění při navádění svůj tvar. Proto při nežádoucí změně tvaru plechu, například síly 8 mm, již obsluha musí vykonat jisté neplánované úkony, které

zdržují provoz, aby vrátila plechu žádoucí tvar pro snadné zavedení do rovnačky. Přídržný válec zůstává ke svitku hydraulicky přitlačen po dobu, než se pás plechu dostane pod všechna podávací kola na obou rovnačkách. V případě špatného navedení do rovnačky FIMI lze rameno přídržného válce zvednout a vytvořit tak prostor pro vzduť plech a usnadnit tím správné navedení.

1.1.4 Odvinovací stěrák

Jak již bylo napsáno v kapitole 1.1.3 – Přídržný válec, funkce odvinovacího stěráku je spojena s přídržným válcem. V době, kdy se přídržný válec opře o svitek, začne se hydraulicky vysouvat odvinovací stěrák, který podebere konec plechu ze svitku a ohne ho do požadovaného tvaru. V součinnosti s elektrickým pohonem odvíječky je svitek plechu natáčen a tím také odvíjen do doby, než je konec plechového pásu natolik ohnutý, že lze vsunout do rovnačky. Pakliže je toto splněno, odvinovací stěrák se zasune zpět do výchozí polohy.

1.1.5 Přítlačné válce

V ocelovém svařovaném rámu s odstraněným vnitřním pnutím rovnačky je umístěno 7 přítlačných/rovnacích válců, které zajišťují rovnání plechu a 2 přídržné/zakládací válce. Tyto jsou vyrobeny z plného kovaného materiálu, který je dodatečně kalen a broušen a na jedné straně jsou kluzně uloženy a vyvedeny z rámu s osazením pro připojení kardanových tyčí, které jsou spojeny s rozvodovkou RDM-ATELIERS VERDUN. Ta zajišťuje z jednoho zdroje pomocí 6 kardanových hřídelů přenos o stejných otáčkách na válec. Na straně druhé jsou pouze kluzně uloženy.

1.2 Princip rovnání a středění svitků

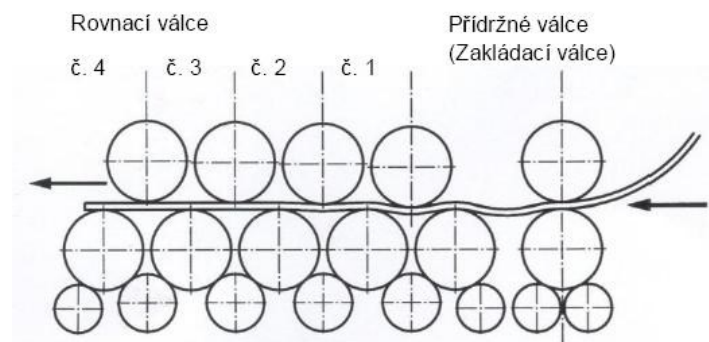
Za plně vytiženého provozu je v podávacím kanálu umístěno šest plechových svitků, které postupně převáží, vždy o jednu pozici blíže k rovnačce, hydraulický manipulační vozík. Svitky se dělí dle zakázek, které se liší buď průměrem svitků, šíří, jakostí materiálu či tloušťkou materiálu. Poslední pozice je volná a to přímo u rovnačky Wean Damiron Paris.

Z poslední pozice si rovnačka pomocí zavážecího vozíku přisune svitek plechu. Přizvedne jej do výšky na střed kónických válců na odvíječce (Obr. 1.11). Úkolem odvíječky je zajistit uchycení svitku ze zavážecího vozíku a také středění svitků při procesu rovnání plechů. Všechny tyto procesy se dějí manuálně pomocí hydrauliky a všechny tyto operace musí řídit obsluha linky. Rovnačka plechu si při rovnání sama podává plech ze svitku. Jakmile je svitek uchycen v kónusech, rameno s přídržným válcem se spustí a opře se o svitek plechu (viz kapitola 1.1.3 – Přídržný válec). V součinnosti odvíječky (viz kapitola 1.1.2 – Odvíječka svitku) a odvinovacího stěraku (viz kapitola 1.1.4 – Odvinovací stěrák) dojde za pomoci obsluhy z řídicího pultu k navedení pásu plechu ze svitku do rovnačky, kde jej zakládací/přídržné válce vtáhnou do rovnačky. Princip rovnání plechového pásu ze svitku zobrazuje (Obr. 1.12).



Obr. 1.11 – Odvíječka s kónusem na svitky [Foto vlastní]

1 – Kónus pro uchycení svitku, 2 – Elektromotor pro odvíjení svitku, 3 – Odvíječka, 4 – PHM pro ustavení a středění svitků



Obr. 1.12 – Schéma principu rovnání plechového pásu [5]

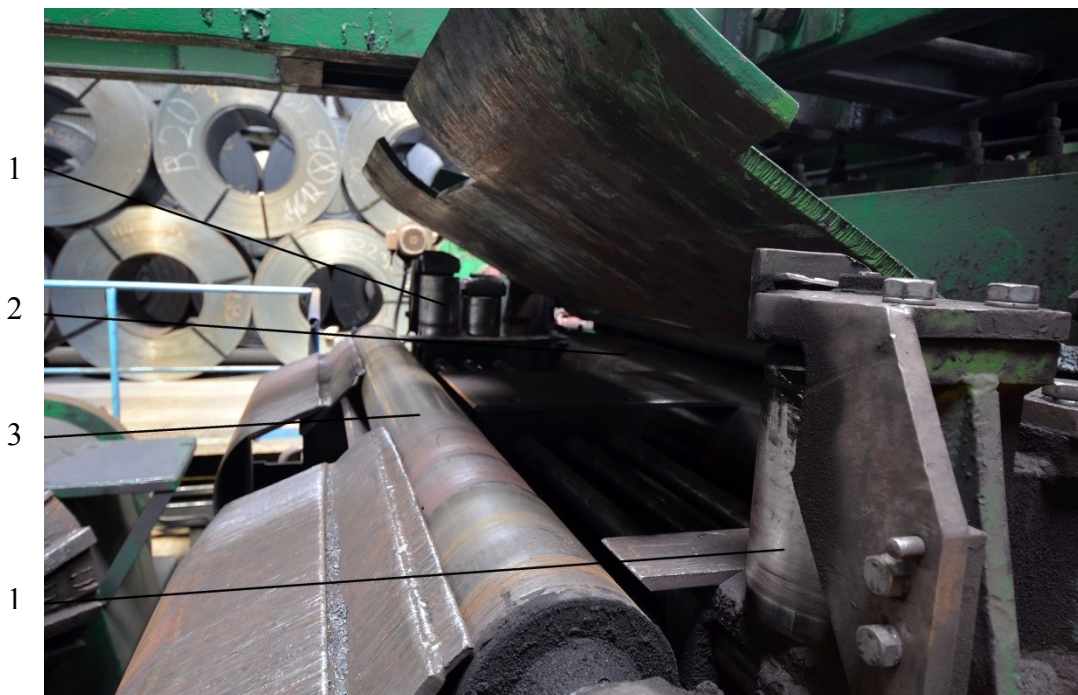
Hlavním účelem přídržných válců je usnadnění ovládání stroje a také zlepšení průchodu plechů strojem. Horní přídržný válec je hydraulicky nastavitelný nahoru a dolů a spodní válec je pevný. Přídržný tlak může být přednastaven a hydraulika udržuje konstantní tlak proti nerovnostem plechu. Pozice horního přídržného válce je na řídicím pultu uvedena číslicovou indikací.

Po páru přídržných válců následují 3 rovnací válce, které provádí rovnání plechu. Horní válce jsou samostatně hydraulicky nastavitelné nahoru a dolů. Všechny spodní válce jsou pevné.

Čelní hrana plechu je umístěna na spodní přídržný válec rovnačky Wean Damiron Paris a hranu sevře. První rovnací válec je nastaven dolů, tak že ohýbá plech za mez kluzu. Další horní válec je nastaven do pozice o trochu vyšší než první válec a poslední horní válec je nastaven nejvýše. V závislosti na požadované toleranci rovnosti pak pás plechu pokračuje do další rovnačky FIMI, která tento plech zcela dorovná.

Středění svitků před rovnačkou je řešeno obsluhou stroje manuálně přes hydraulické rozvaděče opatřené tlačítkem z řídicího pultu. K bočnímu vedení plechu ve vstupu do rovnačky slouží boční válečkové vedení vstupní. To je vždy nastaveno na šíři o něco málo větší, než je aktuální šířka plechového pásu, který je zrovna potřeba rovnat. Boční válečky vstupní také slouží jako indikace špatného středění svitku při procesu rovnání. V případě, že obsluha stroje zjistí pohyb válečků bočního vedení na pravé či levé straně, manuálně svitek dostředí do polohy, kdy se válečky přestanou otáčet. Jiná indikace v současné době neexistuje na daném provozu. Nastavení rozestupu bočního válečkového vedení vstupního se děje elektricky na příkaz obsluhy z řídicího pultu. Toto je lineárně uloženo na dvou vodících

tyčích. Samotný pohyb bočního válečkového vedení vstupního je zajištěno tyčí s jednochodým trapézovým závitem na obou koncích s jiným směrem stoupání L/P.



Obr. 1.13 – Pohled na vstupní část pro plech do rovnačky [Foto vlastní]

1 – 4 válečky bočního vedení vstupního pro pás plechu, 2 – Přidržené/zakládací válce, 3 – podpurný nehnatý válec pro snazší navádění pásu plechu

Stroj je uvnitř opatřen dílčím bočním válečkovým vedením, které však obsluha stroje nevidí přes rám rovnačky. Toto vedení je závislé na obsluze přednastavené hodnotě bočního válečkového vedení vstupního.

Součástí stroje jsou oboustranné okrajovací nůžky, které mají za úkol odstříhnout z obou stran svitku pásek a zajistí tím přesnou šíři plechového pásu. Plechové pásy ve svitcích jsou vyráběny s přídavkem. Přídavek obecně mívá +15 mm na šíři pásu. Oboustranné okrajovací nůžky tedy zajišťují stříh pásků 7,5 mm širokých po obou stranách plechového pásu. Ne vždy je toto zařízení v činnosti. Někdy koncový zákazník požaduje plechy bez odstříhu čili s přídavkem a je tím pádem počítáno s dalším zpracováním. Nůžky fungují na principu dvou protichůdných okrajovacích kotoučů/nožů. Toto zařízení je po obou stranách rovnačky. V případě potřeby ostříhu pásu tyto najedou na svou pozici. V opačném případě zůstávají mimo prostor zavedeného plechového pásu. Odstříhnuté plechové pásy jsou ještě

kráceny na pásy o délce cca 100 mm a dopravníkem pod dráhou pásu jsou dopravovány na pravou stranu rovnačky, kde padají do kontejnerů přibližně 3 metry pod úroveň podlahy haly.

Po rovnání plechu v před-rovnačce pokračuje pás plechu do rovnačky FIMI, která celou operaci rovnání dokončí. Princip rovnání plechového pásu je téměř identický s dříve popsaným způsobem, jen s tím rozdílem, že již nedochází k přetvarování plechu za mez kluzu a rovnačka je vybavena větším počtem rovnacích válců o menším průměru, než na stroji Wean Damiron Paris. Uspořádání válců na rovnačce FIMI je obdobné jako v předchozím případě, jen je větší počet válců. Spodní válce jsou identicky uloženy napevno. Horní válce jsou na společném rámu, který je hydraulicky ovládán na výšku dle rovnaného plechového pásu. Výšku zdvihu indikuje snímač od společnosti Micropulse Balluff.

Následuje proces dělení pásu plechu na dalším zařízení, které rovnací linka obsahuje. Příčné nůžky FIMI zajišťují dělení plechu na požadované rozměry dle sortimentu nebo požadavku koncového zákazníka. Proces stříhání je zcela automatický dle zadaných hodnot obsluhou. Nůžky jsou z důvodu bezpečnosti na provozu za plotem. Nůžky se totiž pohybují podélně s osou svitku a po stříhu zajišťují uložení plechu na stohovací zařízení.

2 ZPŮSOB STŘEDĚNÍ SVITKŮ PŘED ROVNAČKOU

2.1 Popis 1. varianty řešení středění

Jako první řešení středění svitků před rovnačkou na příčné dělicí lince se nabízí středění manuální, které musí zajistit obsluha stroje. Toto řešení vychází ze stávajícího provedení ve společnosti Feron a.s. – Dělicí centrum. Obsluhu celé linky pro rovnání plechových pásů zajišťuje pouze jedna osoba, která má ve výsledku na starost 3 na sobě závislé stroje uspořádaných do jednoho celku, což znamená, že obsluha stroje není vždy přítomna u řídicího pultu, ze kterého je vidět na svitek plechu a na proces středění. Odvíjení a rovnání plechového pásu je provoz automatický a obsluha stroje je dozor, který obchází linku a kontroluje jednotlivé fáze rovnání. V případě zjištění nějaké události, kterou je potřeba změnit, odchází k řídicímu pultu tuto napravit. Svitek se při odvíjení někdy dostane mimo prostor dráhy bočního válečkového vedení vstupního (Obr. 1.13) a tím pádem se začne na jedné či druhé straně plechový pás krčit. V případě, že v danou chvíli není obsluha u řídicího pultu a tím pádem nemůže zasáhnout a svitek dostředit, dochází na jedné straně plechového pásu k ohybu místy až přes hodnotu 90° na úseku i několika desítek metrů plechového pásu. Rovnačka sice plech opět narovná, ale materiál již prošel díky relativně ostrému ohybu na vstupu do rovnačky změnou, která již trvale poškodí vlastnosti materiálu. Koncový zákazník může daný zmetkový plech, díky ostrému ohybu a zpětnému narovnání, použít na výrobu tlakové nádoby - vzdušníku. Ta je připojena na zdroj tlaku a cyklicky tento tlak odebírá až k nulové hodnotě. V oblasti, kde došlo ke změně vlastností materiálu, může dojít k únavě materiálu a tento se na vzdušníku roztrhnout.

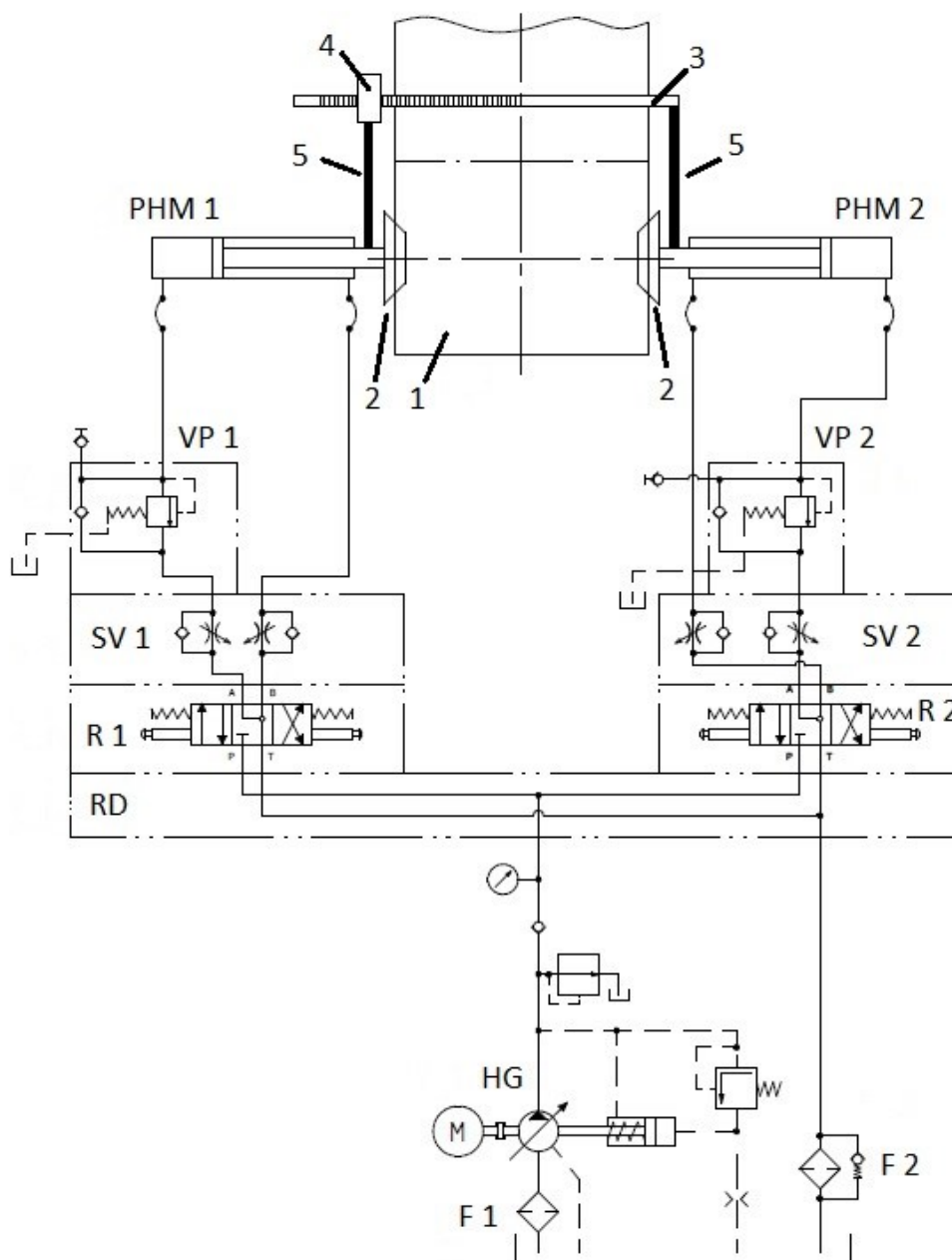
Svitek se pro uchycení sevře mezi pravou a levou odvíječku. Viz (Obr. 1.5). Ty mají na sebe mechanickou vazbu přes zubačku, která je umístěna na spodní části odvíječek. Viz (Obr. 2.1). Tato zubačka zajišťuje mechanické spojení pravé a levé odvíječky a tedy po sevření svitku potřebnou silou na principu rohatky a západky jsou odvíječky spojeny v jeden celek. Obsluha tedy s tímto celkem provádí středění díky levému a pravému PHM ovládaného manuálně z řídicího pultu.



Obr. 2.1 – Pohled na odvíječku s označenou zubačkou [Foto vlastní]

1 – Svitok plechu, 2 – Těleso odvíječky, 3 – Kónus pro uchycení svitků plechů, 4 - Zubačka pro mechanické uzamknutí levé a pravé odvíječky

Toto řešení však není optimální. Jednak nezaručuje přesnost navádění pásu plechu do rovnačky a také možnou výrobu zmetků díky nepřítomnosti obsluhy. Umístění řídicího pultu také není vhodně zvoleno. Obsluha by při tomto variantním řešení středění potřebovala vidět na celou šíři pásu plechu v oblasti vstupu do rovnačky. V současné době je však řídicí pult umístěn napravo od svitku a tedy toto kritérium nesplňuje. Obsluha vidí od řídicího pultu pouze levou stranu plechového pásu. Pravou stranu nevidí přes přítomnost rámu a dílčího zařízení rovnačky Wean Damiron Paris. Toto by se dalo vyřešit dodatečnou montáží průmyslového kamerového systému.



Obr. 2.2 – Hydraulické schéma 1. varianty řešení středění svitku před rovnačkou

F 1 – Sací filtr, HG – Hydrogenerátor, M – Elektromotor, RD – Vícenásobná připojovací deska, R 1, R 2 – 4/3 rozvaděč ovládaný tlačítkem centrováný pružinami, SV 1, SV 2 – Kombinovaný škrťací a zpětný ventil – zdvojené provedení, VP 1, VP 2 – Pojišťovací ventil s odpadem, PHM 1, PHM 2 – Přímočárý hydromotor, F 2 – Odpadní filtr s obtokem, 1 – Svitek plechu, 2 – Kónusy pro uchycení svitku plechu, 3 – Zubačka pro mechanické uzamknutí levé a pravé odvíječky, 4 – Mechanický zámek zubačky, 5 – Schématické znázornění propojení mechanického uzamčení s polohou PHM

2.2 Popis funkce obvodu

Z nádrže je hydrogenerátorem HG nasávána hydraulická kapalina přes sací filtr F 1. V případě, že se svitek 1 nestředí, jde kapalina přes redukční ventil zpět do nádrže. Jestliže je nutné středit, obsluha stroje takto učiní tlačítkem na rozvaděči R 1 nebo R 2 na řídicím pultu. V obvodu jsou použity dva rozvaděče R 1 a R 2. Levý i pravý rozvaděč R 1 a R 2 slouží v první fázi k uchycení svitku 1, který je v režimu uchycování položen na zavážecím vozíku. Ve fázi druhé rozvaděče R 1 a R 2 slouží ke středění svitku 1. Levý rozvaděč R 1 slouží k dostředění svitku 1 doprava, pravý rozvaděč R 2 slouží k dostředění svitku 1 doleva. Při středění jsou obě odvíječky (levá i pravá) v pevné vazbě díky zubačce 3 a mechanickému zámku 4. Rozvaděče R 1 a R 2 jsou v základní poloze s otevřeným středem. To umožňuje ovládat pouze jeden PHM 1 nebo PHM 2 na rozvaděči R 1 nebo R 2 pro dostředění. Při středění odchází hydraulická kapalina z PHM 1 nebo PHM 2 přes pojistňovací ventil VP 1 nebo VP 2 a přes škrticí ventil SV 1 nebo SV 2 zpět do nádrže. Vše je závislé na směru pohybu středění. Na nádrži je umístěn filtr s obtokem F 2. Tato činnost je shodná při středění svitku 1 doleva i doprava.

2.3 Popis 2. varianty řešení středění

V současné době existuje mnoho variant, jak by se dalo vyřešit středění svitků před rovnačkou. Předchozí první varianta řešení středění se dá označit jako zastaralá, která při dnešních možnostech spojení hydrauliky s elektronikou nemá valného významu. Je jednak náročná na obsluhu stroje a není přesná.

U druhé varianty středění svitků se principiálně jedná o totožné provedení středění, s tím rozdílem, že středění je již řešeno automaticky za použití řídicí jednotky, snímačů polohy a proporcionálního rozvaděče.

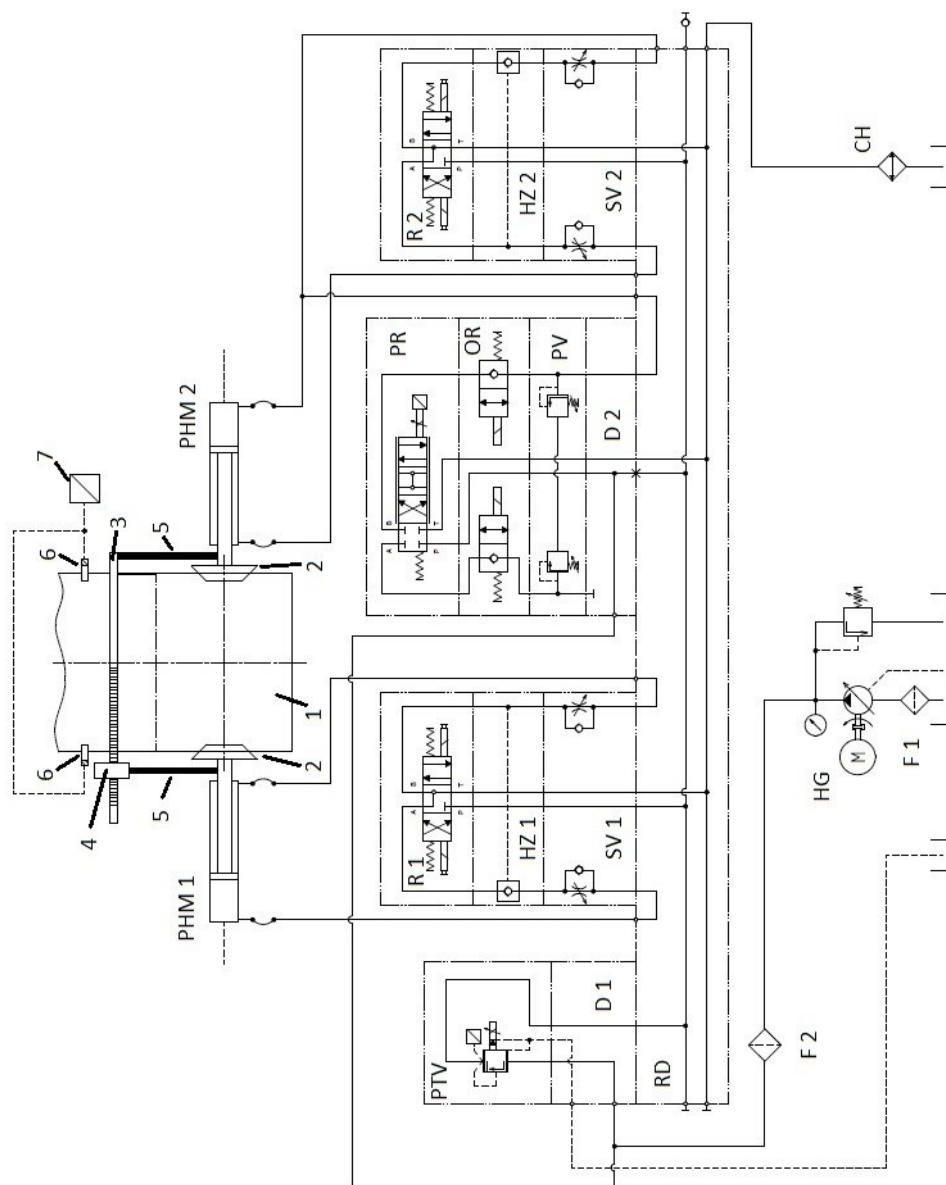
Svitek je při zavádění opět sevřen mezi pravou a levou odvíječku. Tato činnost je řešena manuálně obsluhou linky, jako u předchozí varianty. Při požadovaném sevření svitku je přes zubačku spojena pravá a levá odvíječka v jeden celek. Díky snímačům polohy v PHM a snímačům v místě vstupu plechového pásu do rovnačky je u této varianty středění již bezobslužné. Toto zajišťují dvě digitální řídicí jednotky HNC100 ve spojení s proporcionálním rozvaděčem 4WRSEH6C4 od výrobce Bosch Rexroth. Jako výrobce

snímačů polohy volím společnost Balluff. Řešení snímání polohy pásu plechu je několik. Jako vhodné se mi jeví tyto dvě varianty:

- Vidlicový/podkovový optoelektronický snímač umístěný po obou stranách pásu plechu pracující na infračerveném spektru. Jde o řadu snímačů typu BGL.
- Snímač typu světelná mříž umístěný po celé šíři nad i pod pásem plechu, pracující na infračerveném spektru. Jde o řadu snímačů typu BLG.

Obě tyto varianty vyžadují zásah do konstrukce rovnačky, s čímž je při modernizaci počítáno. Více o jednotlivých typech použitých hydraulických a elektrohydraulických prvků a přístrojů bude pojednáno níže.

Díky použití elektrohydraulických prvků a elektrického řízení těchto prvků nemusí obsluha stroje stát většinu času u řídicího pultu rovnačky, jako v předchozí variantě řešení. Nedochází také k problému se špatným navedením pásu plechu v průběhu rovnání a tím také k deformování pásu plechu před rovnačkou. Obsluha tedy může svědomitěji vykonávat činnosti, které jsou spojeny s provozem celé linky pro rovnání a dělení svitků plechu.



Obr. 2.3 - Hydraulické schéma 2. varianty řešení středění svitku před rovnáčkou

F 1 – Sací filtr, HG – Hydrogenerátor, M – Elektromotor, F 2 – Filtr 5 µm, RD – Vícenásobná připojovací deska, D 1, D 2 – Mezideska, PTV – Proporcionální tlakový ventil, R 1, R 2 – 4/3 rozvaděč ovládaný elektromagnetem centrováný pružinami, SV 1, SV 2 – Kombinovaný škrtkovací a zpětný ventil – zdvojené provedení, HZ 1, HZ 2 – Hydraulický zámek, PV – Dvojitý pojistný ventil, OR – Dvojitý odsekávací rozvaděč, PR – Proporcionální rozvaděč 4/4, PHM 1, PHM 2 – Přímočárý hydromotor, CH – Chladič, 1 – Svitek plechu, 2 – Kónusy pro uchycení svitku plechu, 3 – Zubačka pro mechanické uzamknutí levé a pravé odvíječky, 4 – Mechanický zámek zubačky, 5 – Schématické znázornění propojení mechanického uzamčení s polohou PHM, 6 – Vidlicový snímač polohy, 7 – Řídící jednotka

2.4 Popis funkce obvodu

Z nádrže je hydrogenerátorem HG nasávána hydraulická kapalina přes sací filtr F 1. Ta dále prochází přes filtr F 2 o čistotě 5 μm . Kapalina poté jde do proporcionálního tlakového ventilu PTV, který reguluje tlak na sevření svitků 1 přes kónické úchyty 2 díky levému přímočarému hydromotoru PHM 1 a pravému přímočarému hydromotoru PHM 2. Z proporcionálního tlakového ventilu PTV jde kapalina do vícenásobné rozvodné desky RD a ta dále rozvádí kapalinu k ovládání levého přímočarého hydromotoru PHM 1 či pravého přímočarého hydromotoru za pomoci rozvaděče R 1 a R 2. Při přestavení polohy na rozvaděči R 1 jde kapalina přes hydraulický zámek HZ 1 a dále pak přes škrťací ventil SV 1 do levého přímočarého hydromotoru PHM 1 k uchycení svitku 1 před rovnáním. Tato činnost se provádí i při uchycování pravé strany svitku. Při přestavení polohy na rozvaděči R 2 jde kapalina přes hydraulický zámek HZ 2 a dále pak přes škrťací ventil SV 2 do pravého přímočarého hydromotoru PHM 2 k uchycení svitku 1 z pravé strany. V případě, že je svitek 1 uchycen a současně jsou přes mechanické spojení zubačky 3 a zámku zubačky 4 spojeny levá a pravá odvíječka, může začít proces středění svitku 1. Řídicí jednotka 7 dostává informace o poloze svitku 1 ze snímačů 6 a také ze snímačů umístěných v PHM 1 a PHM 2. Tímto dochází k dvojité kontrole středění svitků 1. Jestliže snímač 6 pošle signál do řídicí jednotky 7, že došlo k přerušení signálu díky nežádoucímu pohybu plechu, řídicí jednotka 7 pošle signál do proporcionálního rozvaděče PR. Proporcionální rozvaděč PR má vlastní jednotku řízení, která řídí šoupátko v tomto rozvaděči. Jednotka přestaví šoupátko, aby mohlo dojít k dostředění svitku 1. Toto trvá tak dlouho, dokud snímač 6 nepřestane vysílat chybové hlášení do řídicí jednotky 7 a ta následně do proporcionálního rozvaděče PR. Kapalina z proporcionálního rozvaděče PR prochází dále přes odsekávací rozvaděč OR a následně přes pojistný ventil PV do PHM 1 nebo PHM 2, záleží na kterou stranu je potřeba dostředit svitek plechu. Veškerá odpadní kapalina se při návratu do nádrže chladí ve vzduchovém chladiči CH.

2.5 Porovnání jednotlivých variant

	I. varianta	II. varianta
Zástavbové rozměry	3	2
Omezení provozu kvůli modernizaci	5	0
Složitost hydraulického obvodu	4	2
Cenová náročnost komponentů	4	2
Možnost konstantního středění	0	5
Přesnost středění	2	5
Nároky na obsluhu	0	5
Užití elektrických komponentů	1	5
Servisovatelnost	1	5
Stáří hydraulických komponentů	0	5
Celkem bodů	20	36

Bodové hodnocení od 0 do 5 (od nejhorší do nejlepší)

Tab. 2.1 – Porovnání jednotlivých variant hydraulických obvodů pro středění svitků

Schéma vhodnější varianty hydraulického obvodu je umístěn ve větším měřítku v zadním přidešti této diplomové práce jako příloha B. Vzhledem ke stáří první varianty hydraulického obvodu se již touto variantou nebudu zabývat.

3 VÝPOČET PŘÍMOČARÝCH HYDROMOTORŮ PRO STŘEDĚNÍ SVITKŮ

3.1 Zadané hodnoty

Pro výpočet parametrů přímočarých hydromotorů (dále jen PHM), vycházím ze zadání:

- maximální hmotnost svitku $m_{\max} = 30\,000\text{ kg}$
- maximální svěrná síla $F_{\max t} = 50\text{ kN}$
- maximální zpětná síla (zasouvání pístnice PHM) $F_{\max z} = 20\text{ kN}$
- zdvih PHM $h = 500\text{ mm}$
- manipulační rychlost pro vysouvání / zasouvání pístnic $v = 0,1\text{ ms}^{-1}$
- max. rychlost vysouvání / zasouvání pístnic při středění svitku $v_r = 0,2\text{ ms}^{-1}$
- maximální pracovní tlak v PHM $p_{\max} = 16\text{ MPa}$

Funkci zajišťují 2 PHM vybaveny závěsnými čepy na tělese se zabudovanými lineárními snímači polohy pístnice.

3.2 Výpočet PHM

Dle Pascalova zákona:

$$p = \frac{F}{S} \quad (3.1)$$

Kde:

F = maximální svěrná síla

p = maximální pracovní tlak v PHM

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow S = \frac{F}{p}$$

$$S = \frac{50 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^6} = 0,003125 \text{ m}^3$$

3.2.1 Výpočet průměru pístu PHM

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.2)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,003125}{\pi}} = 0,063 \text{ m} = 63 \text{ mm}$$

3.2.2 Výpočet průměru pístnice

Vycházím z maximální zpětné síly pro zpětný pohyb

Výpočet plochy mezikruží

$$S_2 = \frac{20 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^6} = 0,00125 \text{ m}^2 \quad (3.3)$$

Plocha pístnice

$$S_p = S_1 - S_2 \quad (3.4)$$

$$S_p = 0,003125 - 0,00125 = 0,001875$$

Odtud průměr pístnice

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,001875}{3,14}} = 0,043301 \quad (3.5)$$

$$d_p = 43 \text{ mm}$$

Vypočtený rozměr PHM je 63/43x500

Nejbližší přímočarý hydromotor se nabízí typ ze série EH 70/45 – 500 od společnosti HYDRAULICS pro tlak do 18 MPa. Vzhledem k únosnosti pístnice PHM a možnosti náhlé dynamické změny při manipulaci se svitkem by mohlo dojít k poškození pístnice. Po konzultaci s firmou IVV Engineering a jejich zkušenostem je potřeba PHM patřičně naddimenzovat. Také dle provedených různých výpočtů k průměrům PHM a zakomponování jejich hodnot pro výpočet proporcionálního rozvaděče PR je třeba průměry zvětšit. V příloze E je umístěn výpočet pro proporcionální rozvaděč PR s hydromotorem EH 70/45 – 500. Výsledná volená hodnota PHM je 140/100x500.

PHM volím 140/100 – 500 ATYP výrobce AVHB hydraulika. PHM bude osazen magnetostrikčním snímačem polohy švédské firmy Regal typového označení GILD.

Parametry snímače:

Napětí 24 V DC, Výstupní signál 0-10V/4-20mA, Přesnost 0,01%, Typ - magnetostrikční

4 NÁVRH POHONNÉ JEDNOTKY

4.1 Výpočet geometrického objemu PHM

$$V_{gPHM} = S \cdot h \quad (4.1)$$

$$V_{gPHM} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \quad (4.2)$$

$$V_{gPHM} = \frac{\pi \cdot 0,14^2}{4} \cdot 0,5 = 0,007693 \text{ m}^3$$

4.2 Výpočet geometrického objemu PHM ze strany mezikruží

$$V_{gPHMm} = (S - S_1) \cdot h \quad (4.3)$$

$$V_{gPHMm} = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right) \cdot h$$

$$V_{gPHMm} = \left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \right) \cdot 0,5 = 0,003768 \text{ m}^3$$

4.3 Potřebný průtok

Vzhledem k objemům PHM a potřebným průtokům k dosažení pracovních parametrů zařízení bude výpočet proveden pro, jeden PHM v maximální manipulační rychlosti a maximální rychlosti středění svitku. Vycházíme z předpokladu, že rychlost v_r pro středění svitku zaručuje konstantní průtok, což znamená, že objem kapaliny na mezikruží a pístu je roven geometrickému objemu jednoho PHM.

Odtud průtok pro manipulační rychlost:

$$Q = S \cdot v \quad (4.4)$$

$$Q = 0,015386 \cdot 0,1 = 0,0015386$$

$$Q = 1,5 \text{ dm}^3/\text{s} \rightarrow 92,3 \text{ dm}^3/\text{min}$$

Průtok pro středění svitku

$$Q_2 = S \cdot v_r \quad (4.5)$$

$$Q_2 = 0,015 \cdot 0,2 = 0,0030772$$

$$Q_2 = 3 \text{ dm}^3/\text{s} \rightarrow 180 \text{ dm}^3/\text{min}$$

4.4 Volba hydrogenerátoru

Vzhledem k tomu, že rychlost PHM je při manipulaci se svítkem 0,1 m/s. Čas potřebný k překonání vzdálenosti mezi krajními polohami obou PHM je

$$t = \frac{2 \cdot l}{v_1} \quad (4.6)$$

$$t = \frac{2 \cdot 0,5}{0,1} = 10 \text{ s}$$

Kde:

t – čas přestavení PHM

l – zdvih PHM

v_1 – rychlost PHM

Objem PHM

$$V_{CPHM} = 2 \cdot V_{gPHM} \quad (4.7)$$

$$V_{CPHM} = 2 \cdot 0,007693 = 0,015386$$

$$V_{CPHM} = 15,4 \text{ dm}^3$$

Maximální průtok hydromotory

$$Q_{max} = \frac{V_{CPHM}}{t} \cdot 60 \quad (4.8)$$

$$Q_{max} = \frac{15,4}{10} \cdot 60 = 92,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Geometrický objem hydrogenerátoru

$$V_{gG} = \frac{Q_{max}}{n \cdot \eta_{QG}} \quad (4.9)$$

$$V_{gG} = \frac{92,4}{1500 \cdot 0,96} = 0,000064$$

$$V_{gG} = 64 \text{ cm}^3$$

Z katalogu Rexroth Bosch Group vybírám hydrogenerátor A4F071/10L-PZB25

Parametry HG: $V_g = 71 \text{ cm}^3$, $n_{\max} = 2200 \text{ min}^{-1}$, $q_{v\max} = 152 \text{ L/min}$

Kontrola tlaku na PHM

$$p = \frac{F}{S} \quad (4.10)$$

$$p = \frac{50000}{0,015386} = 3249708 \text{ Pa} = 3,5 \text{ Mpa}$$

4.5 Potřebný krouticí moment

$$M = \frac{V_g \cdot \Delta p}{2 \cdot \pi} \quad (4.11)$$

$$M = \frac{71 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5 \cdot 10^6}{2 \cdot \pi} = 39,57$$

$$M = 40 \text{ Nm}$$

4.6 Příkon hydrogenerátoru [4]

$$P_1 = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad (4.12)$$

$$P_1 = 40 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 25 = 6280$$

$$P_1 = 6,28 \text{ kW}$$

Volím asynchronní elektromotor Siemens 1LE 1002 – 1CB2 [19]

Hlavní parametry: výkon 7,5 kW, otáčky 1500 min^{-1} , napětí 400/690V, 50Hz, krytí IP55

5 NÁVRH NÁDRŽE

Nádrže oleje mají v hydraulických obvodech své nezastupitelné místo. Jejich hlavní funkcí je zajistit obvodu dostatek kapaliny. Kromě dříve zmíněného zajišťují rovněž chlazení kapaliny a její zklidnění, čímž je uvažováno zbavení kapaliny nadbytečného vzduchu a usazení mechanických nečistot. Pro správnou funkci celého hydraulického obvodu má proto správný návrh nádrže podstatný vliv. U mobilních zařízení je toto složitější z hlediska zástavbových rozměrů. Pro danou aplikaci budu vycházet z možnosti neomezovat velikost nádrže zástavbovým prostorem a využiji možnosti co největšího odvodu tepla v rámci teplosměnné plochy nádrže, samozřejmě s ohledem na ekonomiku provozu tj. množství olejové náplně. Podstatné u stacionárních nádrží je využití maximální teplosměnné plochy způsobem umístění nádrže na stojan, tak aby byl zajištěn prostup tepla mezi stěnou nádrže a okolním vzduchem. Takže k určení velikosti nádrže použiji vztah:

$$V_n = (2 \div 4) \cdot \sum Q_g + \sum V_{VPHM} \quad (5.1)$$

Kde:

$\sum Q_G$ = Průtok hydrogenerátorem

$\sum V_{VPHM}$ = Součet hydromotorů v obvodu

Odtud:

$$V_n = 2 \cdot 101 + 15,4 = 232,8$$

$$V_n = 233 \text{ dm}^3$$

Celkový objem nádrže

K této hodnotě je zapotřebí připočítat cca 15% pro pokrytí objemových změn během změny teploty.

$$V_{nc} = V_n + 15\% \quad (5.2)$$

$$V_{nc} = 233 + 35 = 268$$

$$V_{nc} = 270 \text{ dm}^3$$

Teplosměnná plocha nádrže tj. objem nádrže bez přídavku je

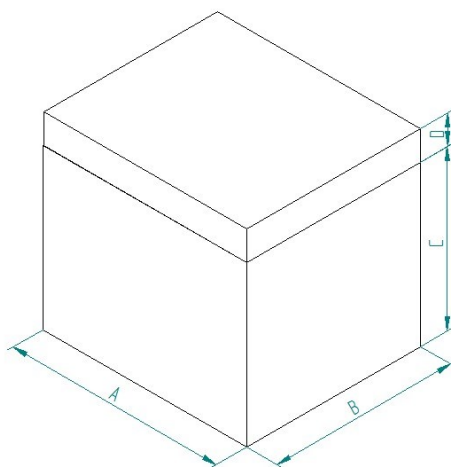
$$A = 0,7 \text{ m}$$

$$B = 0,6 \text{ m}$$

$$C = 0,55 \text{ m}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

Celková výška nádrže je 0,65 m



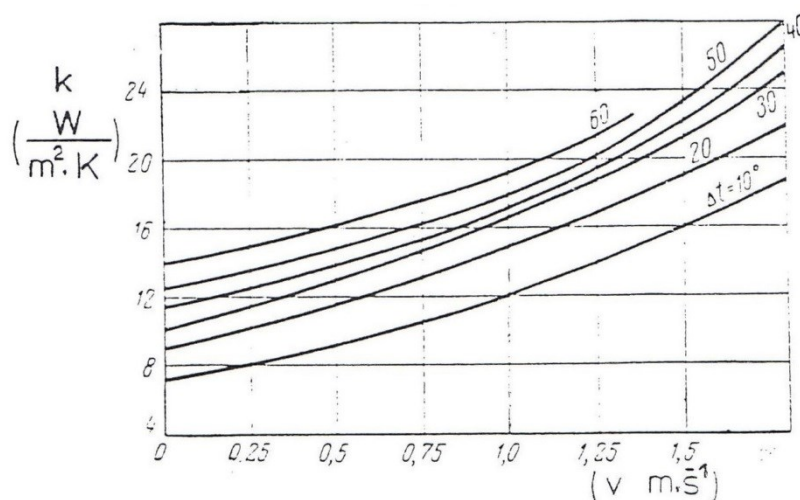
Obr. 5.1 – Schématický nákres nádrže

Nádrž nevybírám od standartních dodavatelů, ale volím vlastní konstrukční řešení.

6 TEPELNÁ BILANCE OBVODU

Rovnice tepelné rovnováhy vychází z poznatku, že při chlazení hydraulického okruhu je zapotřebí uvažovat jak, se ztrátovým výkonem systému, který je závislý především na tlakových spádech jednotlivých prvků tak na velikosti teplosměnné plochy spočtené v předchozí kapitole. Její základní podoba má tvar:

$$P_z = \phi_c + \phi_N \quad (6.1)$$



Obr. 6.1 – Stanovení součinitele prostupu tepla pro nádrž z ocelového plechu, o různých rychlostech proudění vzduchu kolem nádrže a zvolené teplotní spády [3]

Teplosměnná plocha nádrže

$$S_N = (a \cdot b) + 2(a \cdot c) + 2 \cdot (b \cdot c) \quad (6.2)$$

$$S_N = (0,7 \cdot 0,6) + 2 \cdot (0,7 \cdot 0,55) + 2 \cdot (0,6 \cdot 0,55) = 1,85 \, m^2$$

Samostatná nádrž:

$$\Phi_N = k_N \cdot S_N \cdot (t_k - t_0) \quad (6.3)$$

Kde:

Φ_N - tepelný tok

k_N - součinitel prostupu tepla (Obr 6.1)

S_N – teplosměnná plocha nádrže

t_k – teplota oleje

t_0 – teplota okolí

Množství tepla odvedené nádrží

$$\Phi_n = k_N \cdot S_N \cdot (t_k - t_0) \quad (6.4)$$

$$\Phi_n = 14 \cdot 1,85 \cdot (50 - 18) = 828,8 \text{ kW}$$

Celková účinnost hydrogenerátoru

$$\eta_{cg} = \eta_{mp} \cdot \eta_Q \quad (6.5)$$

$$\eta_{cg} = 0,94 \cdot 0,96 = 0,9024$$

Celková účinnost hydromotoru

$$\eta_{cPHM} = \frac{P_m}{P_h} = \frac{F \cdot v}{Q \cdot \Delta p} \quad (6.6)$$

$$\eta_{cPHM} = \frac{50000 \cdot 0,1}{15,4 \cdot 3,5} = 0,93$$

Ztrátový výkon

$$P_z = P_1 \cdot (1 - \eta_{cg} \cdot \eta_{cPHM}) \quad (6.7)$$

$$P_z = 6280 \cdot (1 - 0,9024 \cdot 0,93) = 1009,623$$

$$P_z = 1,009 \text{ kW}$$

Chladicí výkon

$$\phi_{ch} = P_z - \phi_N \quad (6.8)$$

$$\phi_{ch} = 1,009 - 0,83 = 0,179 \text{ kW}$$

Vzhledem k malé hodnotě chladicího výkonu zvětším objem nádrže a vhodnou volbou oleje zvětším hodnotu t_k na 55 °C. Takovým to zásahem do konstrukce nebude nutno použít chladič oleje.

Nové rozměry nádrže

$$S_N = (0,7 \cdot 0,7) + 4 \cdot (0,7 \cdot 0,65) = 2,31 \text{ m}^2 \quad (6.9)$$

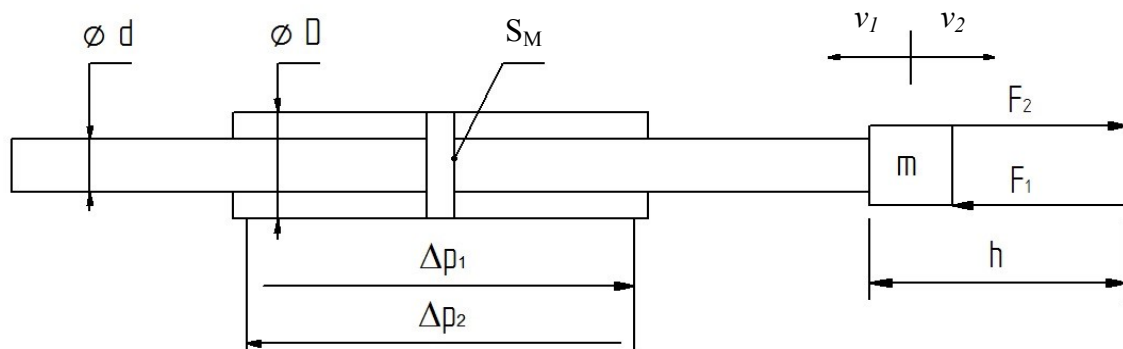
Odtud množství tepla odvedené nádrží

$$\Phi_n = 14 \cdot 2,31 \cdot (55 - 18) = 1196,58 \text{ kW} \quad (6.10)$$

$$\Phi_n = 1,197 \text{ kW}$$

Tepelná bilance je takto v rovnováze a ještě zbývá rezerva pro případ zvýšení okolní teploty. Proto hydraulickou kapalinu nebudu chladit dodatečným chladičem.

7 NÁVRH PROPORCIONÁLNÍHO ROZVADĚČE S OHLEDEM NA DYNAMIKU SYSTÉMU



Obr. 7.1 – HM se zátěží

m – Hmotná zátěž, F_1, F_2 – Síly působící na pístnici, v_1, v_2 – Rychlost pohybu pístnice, h – Zdvih, S_M – Plocha mezikruží, $\Delta p_1, \Delta p_2$ – Dynamický tlak, $\varnothing d$ – Průměr pístnice, $\varnothing D$ – Průměr pístu

Výpočet účinné plochy S mezikruží pístu

$$S_M = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - D^2) \quad (7.1)$$

$$S_M = \frac{\pi}{4} \cdot (0,14^2 - 0,1^2)$$

$$S_M = 7,542 \cdot 10^{-3} m^3 = 7,54 \cdot 10^{-3} m^3$$

Výpočet tlaků Δp_1 a Δp_2 na HM v ustáleném stavu

$$\Delta p_{M1} = \frac{F_1}{S_M} \quad (7.2)$$

$$\Delta p_{M1} = \frac{20000}{7,54 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta p_{M1} = 2652520 Pa = 2,65 MPa$$

$$\Delta p_{M2} = \frac{F_2}{S_M} \quad (7.3)$$

$$\Delta p_{M2} = \frac{50000}{7,54 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta p_{M2} = 6631300 \text{ Pa} = 6,63 \text{ MPa}$$

Doba zdvihu HM pomoci klasického rozváděče

$$t_1 = \frac{h}{v_1} \quad (7.4)$$

$$t_1 = \frac{0,5}{0,1} = 5 \text{ s}$$

$$t_2 = \frac{h}{v_2} \quad (7.5)$$

$$t_2 = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 \text{ s}$$

Záměnou stávajícího rozváděče za rozváděč proporcionální, zůstaly doby přestavení stejné.

Vlastní frekvence HM

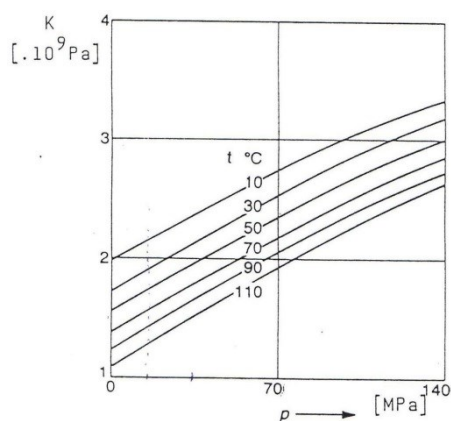
Schéma pro výpočet. Modul pružnosti oleje je pro snazší výpočet nahrazen mechanickými pružinami. Pro tento obvod byla zvolena kapalina HLP 46. Hydraulické oleje HLP 46 jsou vysoce rafinované mazací oleje vysoké kvality pro hydraulické systémy. Poskytují maximální ochranu proti otěru, oxidaci a korozi. [30]

Specifikace: DIN 51524, část 2 HLP / ISO 67 43/4 HM

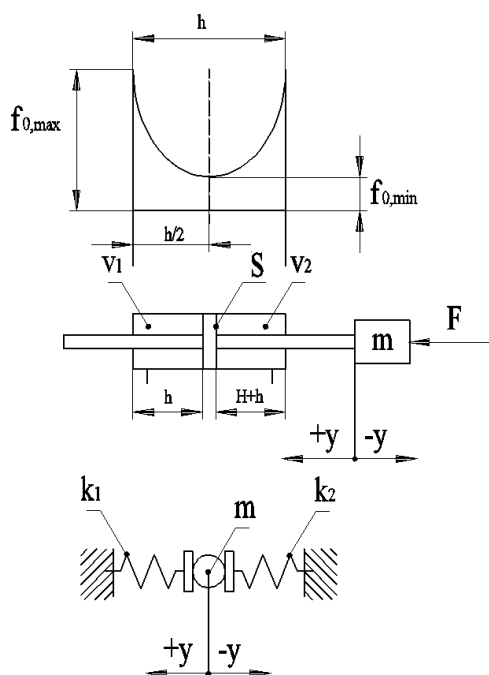
Orientační hodnota modulu objemové stlačitelnosti: $K = (1,4 \div 1,8) \cdot 10^9 \text{ Pa}$

ISO		46	
Hustota	(15°C)	877	[kg/m ³]
Viskozita	(40°C)	46	[mm ² /s]
Viskozita	(100°C)	6,7	[mm ² /s]
Viskózní index		98	
Bod vzplanutí		220	[°C]
Bod tuhnutí		-27	[°C]

Tab. 7.1 – Technické údaje oleje HLP 46



Obr. 7.2 – Závislost modulu stlačitelnosti minerálního oleje HLP 46 na teplotě a tlaku [4]



Obr. 7.3 Schéma pro dynamický výpočet [5]

Vlastní frekvence f_0 hydromotoru

Při výpočtu vlastní frekvence hydraulického systému vycházíme z rovnice:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (7.6)$$

Kde k je výsledná tuhost pružin $k = k_1 + k_2$ $N \cdot m^{-1}$

m je hmotnost zátěže kg

Vypočet výsledné tuhosti pružin pro střední polohu pístu

$$k = \frac{2 \cdot S_M^2 \cdot K}{V_{A,B}} \quad (7.7)$$

V_A, V_B objem kapaliny v prostoru z jedné strany s potrubím.

$$V_A = V_1 + V_{p1}, V_B = V_2 + V_{p2}$$

$V_1 = V_2$ objem kapaliny v prostoru z jedné strany

$V_{p1} = V_{p2}$ objem kapaliny v potrubí

K modul objemové stlačitelnosti kapaliny, volím $1,2 \cdot 10^9 N \cdot m^{-2}$

m hmotnost pístu, pístnice a zátěže.

S účinná plocha pístu

Výpočet objemu kapaliny v potrubí TR 18x2 délky $l = 10$ m.

$$V = V_{p1} = V_{p2}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l \quad (7.8)$$

$$V = \pi \cdot 7^2 \cdot 10000$$

$$V_{p1,p2} = 1,39 \cdot 10^{-3} m^3$$

Výpočet objemu kapaliny V_{HM} v HM

$$V_{HM} = S_M \cdot h \quad (7.9)$$

$$V_{HM} = 7,54 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 = 3,77 \cdot 10^{-3} m^3$$

Pro střední polohu pístu je:

$$V_1 = V_2 = \frac{V_{HM}}{2} \quad (7.10)$$

$$V_{1,2} = \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$V_{1,2} = 1,885 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$V_A = V_B = V_1 + V_{p1} \quad (7.11)$$

$$V_{A,B} = 1,885 \cdot 10^{-3} + 1,39 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{A,B} = 3,275 \cdot 10^{-3} m^3$$

Vlastní frekvence

$$f_{0,min} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{S_M^2 \cdot K}{m} \cdot \frac{2}{V_{A,B}}} \quad (7.12)$$

$$f_{0,min} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{(7,54 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,2 \cdot 10^9}{30000} \cdot \frac{2}{3,275 \cdot 10^{-3}}}$$

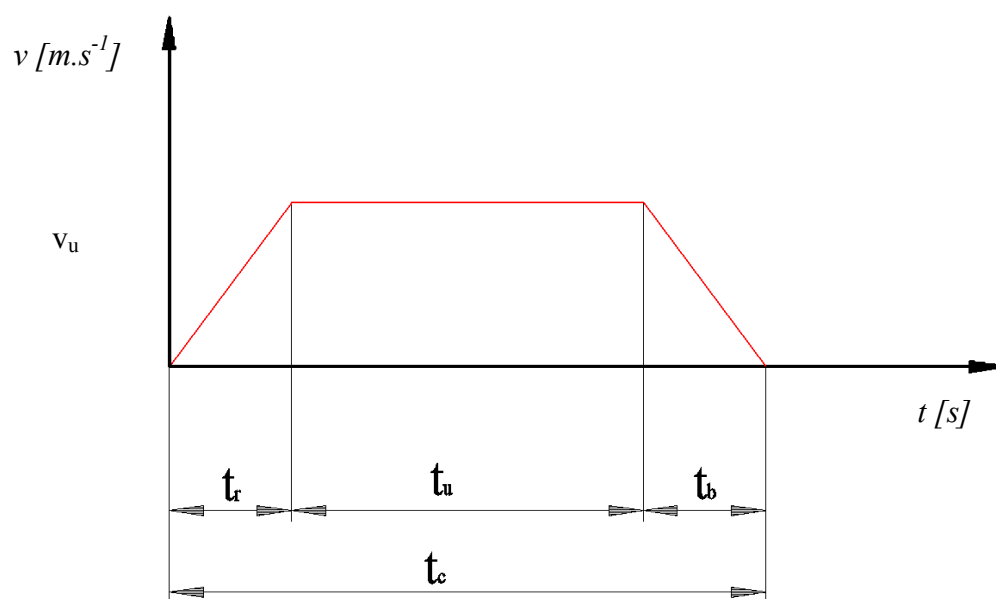
$$f_{0,min} = 5,932 Hz$$

Výpočet kruhové frekvence:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_{0,min} \quad (7.13)$$

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot 5,932 = 37,27 s^{-1}$$

Návrh průběhu rychlosti rozběhu a brždění



Obr. 7.4 Průběh rychlosti

Časová konstanta budícího periodického signálu

$$T_0 = \frac{1}{\omega_0} \quad (7.14)$$

$$T_0 = \frac{1}{37,27} = 0,02 \text{ s}$$

$$T_B = 3 \cdot T_0 \quad (7.15)$$

$$T_B = 3 \cdot 0,02$$

$$T_B = 0,06 \text{ s}$$

Minimální doba rozběhu a brždění

Koeficient volím:

$$t_r = t_{b1} = 6 \cdot T_B \quad (7.16)$$

$$t_r = 6 \cdot 0,06 = 0,36 \text{ s}$$

Velikost ustálené rychlosti v_l

$$t_{u1} = t_{c1} - 2 \cdot t_r \quad (7.17)$$

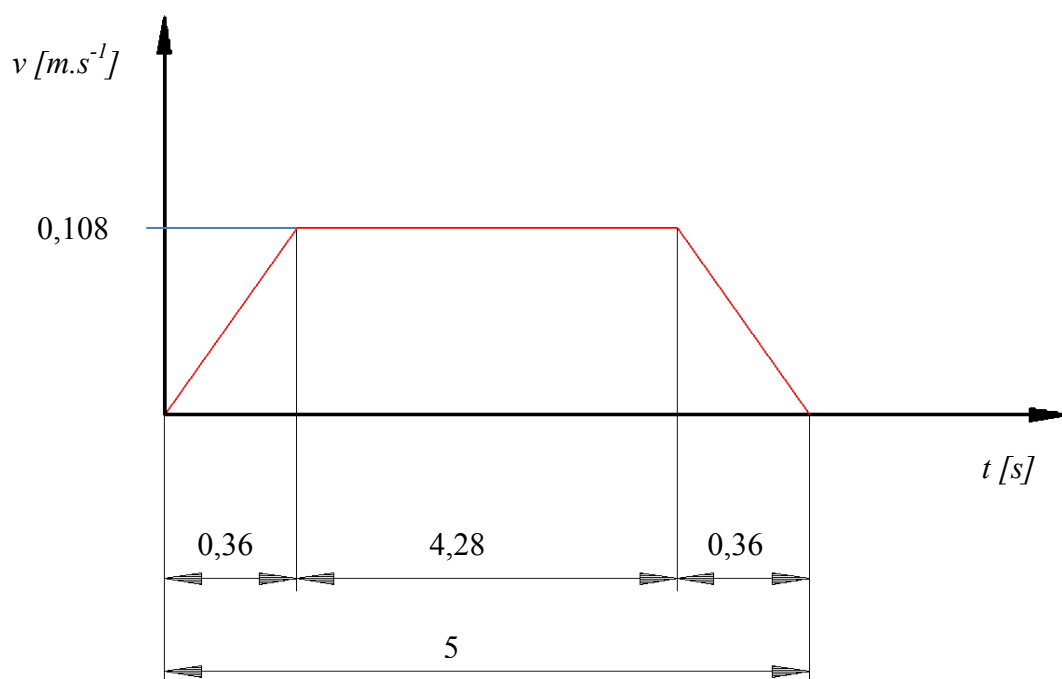
$$t_{u1} = 5 - 2 \cdot 0,36 = 4,28 \text{ s}$$

Kde $t_{c1} = t_1$

$$(7.18)$$

$$h = \frac{1}{2} v_{u1} \cdot t_{r1} + v_{u1} \cdot t_{u1} + \frac{1}{2} v_{u1} \cdot t_{b1} = v_{u1} \cdot (t_{r1} + t_{u1}) \rightarrow v'_{u1} = \frac{h}{t_{r1} + t_{u1}}$$

$$v'_{u1} = \frac{0,5}{0,36 + 4,28} = 0,108 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Obr. 7.5 Průběh rychlosti v_l

Vypočet pro pohyb rychlosti v_2

Doba ustálené rychlosti:

Kde $t_{c2} = t_2$

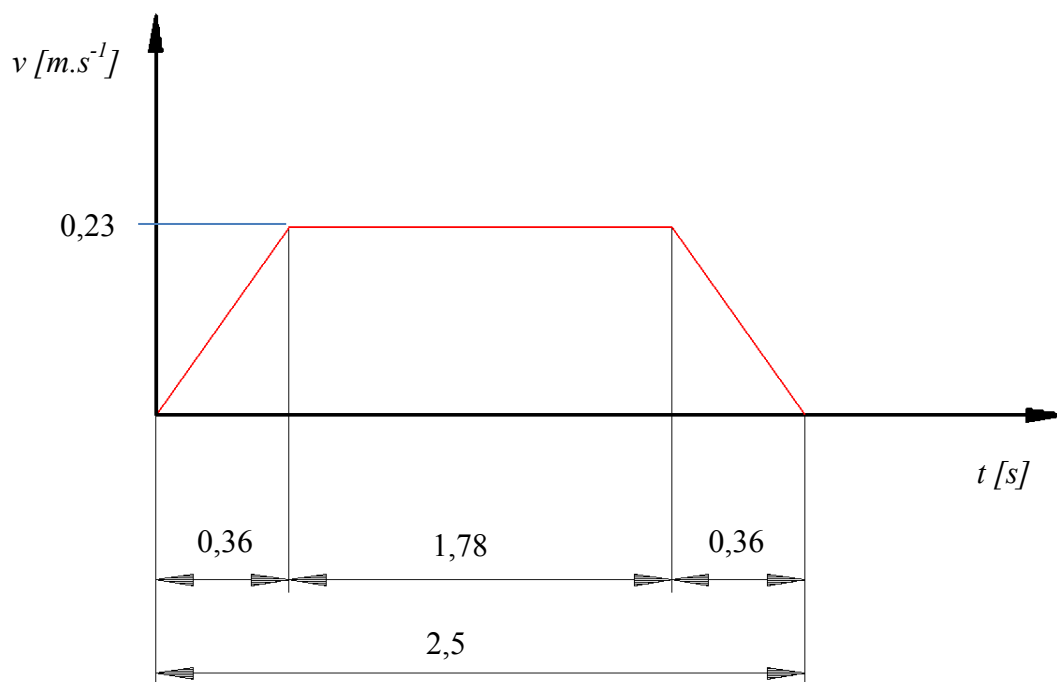
$$t_{u2} = t_{c2} - 2 \cdot t_r \quad (7.19)$$

$$t_{u2} = 2,5 - 2 \cdot 0,36 = 1,78 \text{ s}$$

$$\text{Velikost ustálené rychlosti:} \quad (7.20)$$

$$h = \frac{1}{2} v_{u2} \cdot t_{r2} + v_{u2} \cdot t_{u2} + \frac{1}{2} v_{u2} \cdot t_{b2} = v_{u2} \cdot (t_{r2} + t_{u2}) \rightarrow v'_{u2} = \frac{h}{t_{r2} + t_{u2}}$$

$$v'_{u2} = \frac{0,5}{0,36 + 1,78} = 0,23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Obr. 7.6 Průběh rychlosti v_2

Výpočet zrychlení a_1

$$a_1 = \frac{v_{u1}}{t_{r1}} \quad (7.21)$$

$$a_1 = \frac{0,108}{0,36} = 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Výpočet zrychlení a_2

$$a_2 = \frac{v_{u2}}{t_{r2}} \quad (7.22)$$

$$a_2 = \frac{0,23}{0,4} = 0,575 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Výpočet průtoku Q do HM

Výpočet pro rychlost v_l :

$$Q_1 = S_M \cdot v'_{u1} \quad (7.23)$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= 7,54 \cdot 10^{-3} \cdot 0,108 = 8,1432 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 0,81432 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ &= 48,86 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

Výpočet pro rychlost v_2 :

$$Q_2 = S_M \cdot v'_{u2} \quad (7.24)$$

$$Q_2 = 7,54 \cdot 10^{-3} \cdot 0,23 = 1,7342 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 0,1734 \cdot \text{s}^{-1} = 10,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

Vypočet dynamického tlaku Δp_D :

Pro zrychlení a_1

$$\Delta p_{D1} = \frac{m \cdot a_1}{S} \quad (7.25)$$

$$\Delta p_{D1} = \frac{30000 \cdot 0,3}{7,54 \cdot 10^{-3}} = 1193634 \text{ Pa} = 1,19 \text{ MPa}$$

Pro zrychlení a_2

$$\Delta p_{D2} = \frac{m \cdot a_2}{S} \quad (7.25)$$

$$\Delta p_{D2} = \frac{30000 \cdot 0,575}{7,54 \cdot 10^{-3}} = 2287798 \text{ Pa} = 2,29 \text{ MPa}$$

Volba tlaku HG

Pro:

$$v'_1: \Delta p_G = \Delta p_{M1} + \Delta p_{D1} \quad (7.26)$$

$$v'_1: \Delta p_G = 2,65 + 1,19 = 3,84 \text{ MPa}$$

$$v'_2: \Delta p_G = \Delta p_{M2} + \Delta p_{D2} \quad (7.27)$$

$$v'_2: \Delta p_G = 6,63 + 2,29 = 8,92 \text{ MPa}$$

Maximální tlak na hydrogenerátoru volím 16 MPa.

Skutečný tlakový spád na proporcionálním rozvaděči

Pro pohyb v_1

$$\Delta p_{prop1} = p_G - \Delta p_{M1} \quad (7.28)$$

$$\Delta p_{prop1} = 9 - 3,84 = 5,16 \text{ MPa}$$

Pro pohyb v_2

$$\Delta p_{prop2} = p_G - \Delta p_{M2} \quad (7.29)$$

$$\Delta p_{prop2} = 9 - 8,92 = 0,08 \text{ MPa}$$

Dle výpočtu volím proporcionální rozvaděč výrobce Bosch Rexroth 4WRSEH6C4.

Hlavní parametry: Světlost Dn06, Hystereze 0,05%, Průtok $80\text{dm}^3/\text{min}$, vyroben v servo kvalitě.

Tímto byly specifikovány hlavní prvky hydraulického obvodu pro středění svitků před rovnačkou. Specifikace dalších prvků je v příloze D v zadním přideščí této diplomové práce.

8 ZÁVĚR

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout elektrohydraulický systém středění svitků před rovnačkou na příčné dělicí lince. V úvodní kapitole je zpracován přehled současného stavu řešené problematiky s popisem rovnačky Wean Damiron Paris a jednotlivých částí této rovnačky. Krátce je také popsána technologie rovnání plechového pásu ze svitků.

V druhé kapitole se věnuji současnému řešení středění svitků před rovnačkou s možným způsobem zapojení hydraulického obvodu. Nedílnou součástí této kapitoly je také návrh možného řešení středění svitků, který by mohl sloužit jako vhodný způsob modernizace stávajícího provozu ve společnosti Feron a.s. – Dělicí centrum Ostrava.

Následující kapitoly se věnují návrhům a výpočtům parametrů jednotlivých hlavních komponent hydraulického obvodu v ustáleném stavu. Součástí jsou také potřebné dynamické výpočty. Kapitoly se také věnují výpočtu tepelné bilance hydraulického obvodu a návrhu velikosti nádrže.

V zadním přideščí této diplomové práce jsou umístěny přílohy, jejichž obsahem je funkční schéma hydraulického obvodu s použitím elektrohydraulických prvků a také konstrukční výkres hydraulického agregátu s rozvodným blokem a jeho kusovník.

V rámci návrhu jednotlivých komponent jsem se snažil volit známé výrobce hydrauliky jako je BOSCH Rexroth nebo HYDROMA.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DVOŘÁK, L. *Vlastnosti tekutin*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 62 s.
- [2] KOPÁČEK, J.; PAVLOK, B. *Tekutinové mechanizmy*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 156 s. 2. vydání, ISBN 978-80-248-0856-7.
- [3] KOPÁČEK, J. *Pohony a převody*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 171s. 1. vydání, ISBN 80-7078-137-8.
- [4] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 1*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 156s. 2. vydání, ISBN 978-80-248-0857-4.
- [5] PAVLOK, B. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 2*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 150s. 2. vydání, ISBN 978-80-248-1827-6.
- [6] DÖRR, H. – EWALD, R. – HUTTER, J. *Příručka hydrauliky svazek 2 – Proporcionální technika a servotechnika*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth GmbH, 1986. 251s. 1. vydání, ISBN 3-8023-0898-0.
- [7] DREXLER, P. – FAATZ, H. – FEICHT, F. *Příručka hydrauliky svazek 3 – Projektování a konstrukce hydraulických zařízení*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth GmbH, 1988. 362s. 1. vydání, ISBN 3-8023-0266-4.
- [8] SCHMITT, A. *Příručka hydrauliky svazek 4 – Logické ventily*. Lohr am Main: Mannesmann Rexroth GmbH, 1990. 148s. 1. vydání, ISBN 3-8023-0292-5.
- [9] BOSCH REXROTH spol. s r.o. *Fluidní technika Průmyslová hydraulika – základy*. Brno: Bosch Rexroth spol. s r.o., 2012. 259s. 3. vydání, RCZ000-03/04.12.
- [10] SIVÁK, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 336 s. 1. vydání, ISBN 80-7078-297-8.
- [11] WILL, D. – GEBHARDT, N. *Hydraulik Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2008, 450s. 4. vydání, ISBN 978-3-540-79534-6.

9.1 FIREMNÍ DOKUMENTACE

[12] Výkresová dokumentace společnosti Feron a.s. – Dělicí centrum

9.2 INTERNETOVÉ PRAMENY

[13] www.ferona.cz

[14] www.intech.cz

[15] www.ivv.cz

[16] www.boschrexroth.com

[17] www.hydac.com

[18] www.sunhydraulics.com

[19] www.elektromotory.net

[20] www.siemens.com

[21] www.balluff.com

[22] www.sauer-danfoss.com

[23] www.hydroma.cz

[24] www.hydraulics.cz

[25] www.rerosa.cz

[26] www.fimimachinery.com

[27] www.regal.se

[28] www.tedox.cz

[29] cat.hansa-flex.com

[30] www.olejeservis.cz

10 PŘÍLOHY

Příloha A – CD-R nosič s touto diplomovou prací.

Příloha B – Hydraulické schéma středícího zařízení

Příloha C – Konstrukční výkres hydraulického agregátu s rozvodným blokem

Příloha D – Kusovník

Příloha E – Výpočet proporcionálního rozvaděče s voleným PHM EH 70/45-500